



(3)

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 42 05 657 A 1**

⑤ Int. Cl.⁵:
C 22 B 9/05
C 21 C 5/42
C 21 C 5/35
B 27 B 17/00

2

⑳ Aktenzeichen: P 42 05 657.8
㉑ Anmeldetag: 25. 2. 92
㉒ Offenlegungstag: 29. 10. 92

DE 42 05 657 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
26.04.91 CA 2041297

⑦① Anmelder:
Inco Ltd., Royal Trust Tower, Toronto, Ontario, CA

⑦④ Vertreter:
König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 4000 Düsseldorf

⑦② Erfinder:
Marcuson, Samuel Walton, Sudbury, Ontario, CA;
Landolt, Carlos Alfredo, Lively, Ontario, CA; Amson,
James Harold; Davies, Haydn, Sudbury, Ontario, CA

⑤④ Konverter

⑤⑦ Bei einem feuerfest ausgekleideten Konverter zum Frischen von Nichteisenmetallschmelzen durchragt eine Düse zum Bodenrühren der Schmelze den unteren Teil der Konverterwandung und eine Aufblaslanze aus Gründen der Schonung im oberen Teil der Konverterkammer das Futter nur geringfügig und können während des Frischens durch Aufblasen eines sauerstoffhaltigen Gases und gleichzeitiges Rühren der Schmelze zum Kühlen feste Nichteisenmetalle zugesetzt werden.

*Process for blowing of
non ferrous materials
(see description of
application documents)*

DE 42 05 657 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Konverter zum Verblasen bzw. Frischen von Nichteisenmetallen, insbesondere auf dessen Lanze zum Aufblasen eines sauerstoffhaltigen Gases bei gleichzeitigem Rühren der Schmelze; sie zielt auf ein Verfahren mit hoher Sauerstoffausnutzung beim Frischen von Nichteisenmetallen ab.

Ein bekanntes Sauerstoffaufblasverfahren zum Verblasen von Kupferstein unter gleichzeitigem Einblasen eines Rührgases beschreibt die US-Patentschrift 48 30 667. Bei diesem Verfahren wird eine Kupfersulfidschmelze durch Aufblasen von Sauerstoff zu metallischem Kupfer gefrischt und gasförmiges Schwefeldioxid freigesetzt. Während des Frischens wird zur Verbesserung der Sauerstoffausnutzung und zur Verminderung des Anteils an Kupferoxyd im Vergleich zu Nickeloxyd das Bad gleichzeitig gerührt. Dieses Verfahren hat sich an sich bewährt; es zeichnet sich durch eine hohe Ausnutzung des Sauerstoffs bei verhältnismäßig kurzer Frischzeit aus, ist jedoch mit der Gefahr eines Überhitzens der Schmelze verbunden. Dies ist insofern nachteilig, als damit eine wesentliche Verringerung der Futterhaltbarkeit und eine Beeinträchtigung der Qualität des gefrischten Kupfers verbunden ist.

Die herkömmlichen Aufblaslanzen sind verhältnismäßig kompliziert und daher entsprechend teuer. Diese Lanzen ragen üblicherweise bis in die heiße Ofenzone oberhalb der Schmelze, kommen aber auch als Tauchlanzen zur Verwendung. Zudem erfordern die Lanzen zum Schutz gegen Oxydation und ein Anschmelzen eine intensive Kühlung mittels Wasser oder eines Schutzgases. Eine wassergekühlte Lanze ist aus der kanadischen Patentschrift 10 08 661 bekannt; sie besitzt im Bereich der stärksten Temperaturbeanspruchung einen vergrößerten Querschnitt für das Kühlwasser. Die kanadische Patentschrift 12 34 292 beschreibt hingegen eine Konverterlanze zum Senkrechtaufblasen von Hochdrucksauerstoff mit einem Druck von 1 bis 3 kg/cm² auf eine Schmelze bei gleichzeitigem Einblasen von Luft durch Düsen. Der Lanzenabstand von der Badoberfläche beträgt dabei im Hinblick auf eine hohe Sauerstoffgeschwindigkeit im Brennfleck 40 cm.

Weiterhin beschreibt die kanadische Patentschrift 10 42 207 eine das Entstehen von Ansätzen durch Bad- und Schlackenspritzer verhindernde Lanze, während die kanadische Patentschrift 10 35 575 eine wartungsfreundliche Lanze beschreibt, die sich auf einfache Weise austauschen und vertikal einstellen läßt. Die Lanze besitzt keine Wasserkühlung und besteht aus sich selbst verzehrenden Rohren, die nach kurzer Zeit durch neue ersetzt werden müssen. Hinzu kommt, daß die Lanze aus Gründen eines gleichmäßigen Verschleißes ständig gedreht wird. Weitere verhältnismäßig komplizierte Lanzenkonstruktionen, Systeme und Betriebsweisen zielen auf eine hohe Betriebssicherheit, gute Handhabbarkeit und eine hohe Frischwirkung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Konverter und ein Verfahren zum wirksamen Frischen von Nichteisenmetallen zu schaffen, bei denen es zu erheblich weniger ansatzbildenden und verschleißfördernden Spritzern kommt.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht in einem feuerfest ausgekleideten Konverter zum Frischen von Nichteisen-Einsatzstoffen mit mindestens einer dessen Mauerwerk im unteren Teil durchragenden Rührgasdüse und mindestens einer das Mauerwerk im oberen Konverterteil durchragenden und aus Gründen des Verschleißschutzes nur wenig hervorstehenden Lanze, bei dem während des Aufblasens eines sauerstoffhaltigen Gases und des Einblasens eines Rührgases unterhalb der Badoberfläche zum Kühlen der Schmelze feste Nichteisenmetalle wie Schrott chargiert werden.

Als Nichteisenmetalle eignen sich Kupfer und Nickel, Kupfer- und Nickeloxysulfide, Kupfer- und Nickelsulfide sowie Kupfer- und Nickel-Eisen-Legierungen, bei Kupfer-, Nickel- und Edelmetallschmelzen übliche durch Sauerstoff oxydierbare Verunreinigungen sowie übliche Begleitelemente. Unter Sauerstoffausnutzung ist das Mengenverhältnis des mit dem geschmolzenen Nichteisenmetall verbundenen Sauerstoffs einerseits und der Menge des insgesamt eingeblasenen Sauerstoffs zu verstehen. Bei den Prozentangaben handelt es sich, soweit nichts anderes angegeben ist, um Gewichtsprozente. Schließlich ist unter einem abgewandelten Peirce-Smith-Konverter ein feuerfest ausgekleidetes, um eine horizontale Achse drehbares Gefäß zu verstehen, dessen charakteristischen Peirce-Smith-Düsen ausgebaut oder zumindest zeitweilig außer Betrieb gesetzt wurden. Schließlich werden mit "Oxydschlacken" feste oder halbfeste, bei der Oxydation entstehende Metalloxyde bezeichnet, beispielsweise Kupfer- oder Kupferoxyd enthaltende Nickeloxysulfide.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich zum Frischen von Nichteisen-Einsatzstoffen, bei dem vorzugsweise die Verunreinigungen oxydiert werden und sich als Schlacke oder Gas rasch entfernen lassen. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zum Frischen von Nichteisen-Metallsulfiden, insbesondere Kupfer- und Nickelsulfide sowie teilweise verblasener Sulfide wie Halb-Blisterkupfer mit 1 bis 8% Schwefel sowie zum Ein- bzw. Umschmelzen von Metallschrott.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung mit teilweise weggebrochener Wandung und an den Stirnseiten angeordneten Lanzen dargestellten Trommel-Konverters des näheren erläutert.

Es handelt sich um einen abgewandelten Peirce-Smith-Konverter 10 zum Frischen bzw. Raffinieren einer Schmelze aus Nichteisenmetallsulfid durch Aufblasen eines oxydierenden Gases und Einblasen eines Rührgases unterhalb der Badoberfläche. Der Konverter kann auch mit den bekannten Peirce-Smith-Düsen ausgerüstet sein. Zum Rühren dienen inerte oder reduzierende Gase, vorzugsweise Stickstoff, der gegenüber geschmolzenen Nichteisenmetallen inert ist. Das Konvertergehäuse 12 besitzt eine mit einem feuerfesten Futter 16 ausgekleidete Kammer 18. Das Konverterfutter besteht vorzugsweise aus feuerfesten Steinen. Die Kammer ist unterteilt in einen die Schmelze 14 aufnehmenden unteren Teil 20 und einen darüber befindlichen oberen Teil 22. Poröse Stopfen 24 dienen zum Einblasen eines Rührgases in die Schmelze 14, das in der Schmelze zur Badoberfläche aufsteigende Blasen 25 bildet. Vorteilhafterweise sind die Poröstopfen 24 so angeordnet, daß sie sich ohne ein Abstechen der Schmelze 14 in eine Position oberhalb der Badoberfläche bewegen lassen. Dies dient der Gefahrenabwehr im Falle eines Lecks am Stopfen oder in dessen Umgebung. Zwei Lanzen 26, 28 durchragen die Konverterwandung im oberen Teil 22. Die Lanzen 26, 28 sind mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten

Sauerstoffquelle verbunden. Als Frischgas kommen Luft und vorzugsweise mit Sauerstoff angereicherte Luft oder im wesentlichen reiner Sauerstoff in Frage. Im vorliegenden Falle ist unter im wesentlichen reiner Sauerstoff ein Frischgas mit einem Sauerstoffgehalt von mindestens 85% zu verstehen. Vorzugsweise kommt beim Frischen ein derartiger Sauerstoff zur Verwendung, da höhere Sauerstoffkonzentrationen den Schrottsatz erhöhen.

Die Lanzen 26, 28 sind so ausgerichtet, daß das sauerstoffhaltige Gas dort auf die Badoberfläche trifft, wo die Schmelze mittels der aufsteigenden Gasblasen gerührt wird. Dort schafft das Rührgas ständig eine frische bzw. neue Badoberfläche zur Oxydation der in der Schmelze enthaltenen Verunreinigungen. Die Lanzen 26, 28 liefern einen gegenüber der horizontalen Mittellinie des Konverters nach abwärts in Richtung auf die Badoberfläche gerichtete Gasstrahlen. So läßt sich ohne weiteres eine 75%ige Ausnutzung des Sauerstoffs erreichen, ohne daß Hochgeschwindigkeitsgasstrahlen erforderlich sind. Bei einigen Phasen des Kupferfrischens beträgt die Sauerstoffausnutzung sogar 90% und mehr. Eine derartig hohe Ausnutzung des Sauerstoffs bewirkt in Verbindung mit dem Rühren durch Bodeneinblasen ein rasches Erhitzen der Schmelze. Allerdings führt ein Überhitzen der Schmelze zu einer Verkürzung der Futterhaltbarkeit. Zur Vermeidung einer Überhitzung wird daher vorzugsweise im wesentlichen reiner Nichteisenmetallschrott chargiert. Dabei kommt vorzugsweise grobstückiger Schrott zur Verwendung, der rasch durch die steife Schlackenschicht absinkt. Vorzugsweise wird grobstückiger Schrott mit langer Einschmelzzeit zu Beginn des Sauerstoffblasens chargiert.

Die Lanzen 26, 28 sind außerhalb der heißesten Zone im Konverterraum oberhalb der Schmelze an den Stirnseiten 30, 32 angeordnet; sie ragen lediglich ein kleines Stück in den Ofenraum 18 und bieten daher den die Lebensdauer beeinträchtigenden Bedingungen im Konverter nur eine begrenzte Oberfläche. Dabei sollten die Lanzen so in bezug auf die Badoberfläche angeordnet sein, daß sie für Bad- und Schlackenspritzer nicht erreichbar sind. Vorzugsweise sind die Lanzen so angeordnet, daß sie sich in einer Ofenzone befinden, deren Temperatur — ohne die Verwendung eines Hilfsbrenners — mindestens 25% unter der Badtemperatur liegt. Die Lanzen sollten insbesondere weniger als 1 m, vorzugsweise weniger als 10 cm in das Konverterinnere hineinragen; sie können jedoch auch mit Hilfe einer einfachen Wasserkühlung ausgerüstet sein. Die badferne Anordnung der Lanzen führt zu einem wirksamen, mit verhältnismäßig geringen Kosten und geringem Wartungsaufwand verbundenen Konverter zum Frischen von Nichteisen-Einsatzstoffen.

Der abgewandelte Peirce-Smith-Konverter besitzt auf Rollen 35, 37 gelagerte Ringe 34, 36 sowie einen mit einem Motor 38 versehenen mechanischen Antrieb 40. Dieser Antrieb dreht den über die Ringe 34, 36 auf den Rollen 35, 37 gelagerten Konverter 12. Beim Abstechen wird der Konverter 12 so lange um seine Achse gedreht, bis die Schmelze aus einem Abstichloch 42 abfließt. Die Porösstopfen 24 verschleifen mit dem feuerechten Futter 16 und fallen daher von Zeit zu Zeit aus. Demgemäß sind die Stopfen 24 vorzugsweise im Abstand von dem Antrieb 40 angeordnet, und ist die im Konverter befindliche Menge der Schmelze 14 so eingestellt, daß sich die Porösstopfen 24 beim Drehen des Konverters ohne ein Abstechen der Schmelze bis über die Badoberfläche bewegen lassen.

Bei einem Versuch kam ein düsenloser abgewandelter Peirce-Smith-Konverter mit zwei stirnseitig angeordneten Lanzen zur Verwendung. Ein entfernbarer Luft/Brennstoff-Brenner diente zum Beheizen des Konverters während der Stillstandszeiten und fünf Porösstopfen zum Einblasen eines Rührgases. Die beiden Sauerstofflanzen waren entsprechend der zeichnerischen Darstellung in Fig. 1 einander gegenüberliegend so in den Stirnseiten des Konverters angeordnet, daß sie einer nur geringen Beanspruchung durch die Ofentemperatur und -atmosphäre unterlagen. Jede Sauerstofflanze besaß eine Wasserkühlung und eine Gasleitung durch die Kühlwasserführung zum Einblasen eines brennbaren Gases und demgemäß zum Betrieb der Lanze als Brenner. Die antriebsferne Lanze war um etwa 45° abwärts in bezug auf die horizontale Längsachse des Konverters geneigt, um den Sauerstoff in den Bereich einer Rührzone zu bringen, während bei der gegenüberliegenden, in ähnlicher Weise angeordneten Lanze der Neigungswinkel 25° betrug. In derselben Stirnwand des Konverters kann auch ein Luft/Erdgas-Hilfsbrenner angeordnet sein. Des weiteren können als Starthilfe oder zur Erhöhung des Schrottsatzes extern betriebene Brenner dienen oder Brennstoff in die Lanzen eingespeist werden. Während des Frischens ist jedoch eine Brennstoffzufuhr nicht erforderlich.

Angesichts der geringen Gefährdung durch Bad- und Schlackenspritzer können die Brenner und die Sauerstofflanzen gleichzeitig betrieben werden. Außerdem läßt sich das Bodenrühren zusammen mit einem Brennerbetrieb zum Halten der Schmelze, einer Kupfermatte oder der Schlacke unbegrenzt anwenden. Das Bodenrühren bewirkt eine Zirkulation der Schmelze; es führt zu einem gleichmäßigen Erwärmen der Schmelze und verhindert deren Einfrieren am Boden des Konverters. Die Bodenstopfen 24 wurden mit Stickstoff zum Rühren einer Schmelze aus Halb-Blister-Kupfer betrieben; sie bestanden aus nicht gerichteter Narco-A94-Schmelztonerde in einer Menge von $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^3/\text{s}$. Die Porösstopfen waren so beschaffen und angeordnet, daß sie in der Lage waren, eine Oberflächenzone mit einem Durchmesser von 0,9 bis 1,2 m ständig schlackenfrei halten konnten.

Tabelle I

	Lanze 28	Lanze 26
Erdgas (Nm ³ /s)	0,14	0,09
Sauerstoff (t/d)	127	84
Gasgeschw. a. d.		
Lanzenspitze (m/s)	209	139
Lanzenabstand (m)	3,5	1,7

Insgesamt wurden 15 Versuchsschmelzen mit Halb-Blister-Kupfer durchgeführt. Dabei wurden etwa 120 t Halb-Blister-Kupfer mit etwa 3% Schwefel durch kombiniertes Blasen zu Blisterkupfer gefrischt. Die Sauerstoffblasen besaßen einen Durchmesser von 15,2 cm mit einem konzentrischen Einsatz eines Durchmessers von 7,0 cm zur Erhöhung der Gasgeschwindigkeit. Die Gasgeschwindigkeit betrug bei Blasraten von 84 bis 91 t/d je Lanze 139 bis 150 m/s. Sämtliche Gasgeschwindigkeiten wurden auf die Lanzenspitze sowie Normaldruck und -temperatur berechnet. Die angestrebte Konvertertemperatur lag bei 1260 bis 1290°C. Bei einer Temperatursteigerung auf über 1315°C wurden Reinkupferanoden zum Kühlen der Schmelze eingesetzt. Des weiteren dienten große Blöcke und Pfannenansätze als Kühlmittel. Diese Blöcke und Ansätze benötigten im allgemeinen zwei Stunden bis zum völligen Einschmelzen. Mit Hilfe einer Sauerstoffmessung wurde jeweils das Frischende bestimmt. Bei Frischende wurde jeweils eine hinreichende Menge Schrott aus Reinkupferanoden chargiert, um die Badtemperatur auf unter etwa 1215°C, vorzugsweise auf 1190 bis 1204°C zu drücken. Diese Temperaturverringerung erhöht die Entschwefelungswirkung beim Badrühren mit Stickstoff und treibt zusätzlichen Schwefel aus der Schmelze. Tatsächlich ergab sich beim Stickstoffrühren im Temperaturbereich von 1150 bis 1315°C eine Verringerung des Schwefelgehalts. So wurde denn eine weitere Stunde mit Stickstoff gerührt, um den Schwefelgehalt weiter abzusenken. Die sich an der Badoberfläche sammelnde Schlacke wurde bedarfsweise von Zeit zu Zeit entfernt. Das Entfernen der Schlacke nach jedem zweiten Zyklus ist insofern von Vorteil, als es zu einer Verringerung der Schlackenmenge führt, die ansonsten zu einem verstärkten Spritzen an der Lanze gegenüber der Antriebsseite während und nach dem zweiten Zyklus führen würde.

Auf die beschriebene Weise ließ sich Halbbliester-Kupfer erfolgreich zu Blister-Kupfer frischen. Feste Kupferplatten, Blöcke und Pfannenansätze dienten als Kühlmittel. Die zusammengefaßten Daten von 15 Versuchsschmelzen finden sich in der nachfolgenden Tabelle II.

Tabelle II

	Einsatz (t)	Cu (t)	Ni (t)	Cu (%)	Ni (%)
Einsatz					
Halbbliester-Kupfer	2032	1809	98	86	96
Kupferanoden	297	297		14	
Kupferblöcke	34	9	4		14
Pfannenansätze	14	10			
Ausbringen					
Blister-Kupfer		1789	14	84	13
Schlacke		333	89	16	87

Die nachfolgende Tabelle III gibt den Kühlmittel- oder Schrottzusatz in Abhängigkeit von der Sauerstoffblasrate unter Verwendung einer oder auch zwei Lanzen wieder.

Tabelle III

	Sauerstoffblasrate (t/d)		Mittelwert
	84—91	175	
Frischphase (t/Charge)			
Reinkupfer-Schrott	7	21	12
Kupferblöcke	3.3	1.1	2.7
Kupfer-Pfannenansätze	1.0	0.9	0.9
Temperatur bei Blasende (°C)			1308
Kühl- und Rührphase			
Reinkupfer-Schrott (t/Charge)	8	10	9
Temperatur bei Kühlende (°C)			1197
Gießtemperatur (°C)			1191
Gasrate (5 Stopfen à $3.8 \times 10^{-3} \text{ Nm}^3/\text{s}$) (t/d)			1.9

Das Gesamtausbringen an Kupfer betrug 84%; zusätzlich 87% des Nickeleinbringens gerechnet als 3,8 : 1 Cu : Ni Kupferstein. Beim herkömmlichen Düsen-Frischen zum Herstellen von Blister-Kupfer beträgt der Endschwefelgehalt 130 bis 150 ppm. Hingegen lag der Endschwefelgehalt des Blister-Kupfers bei dem erfindungsgemäßigen Verfahren nach dem Rühren bei 67 + 29 ppm Schwefel und 0,76 + 0,15% Nickel.

Der Reinheitsgrad des Sauerstoffs betrug 96%. Der Sauerstoffverbrauch wurde bei den einzelnen Versuchen gemessen. Bei der Entnahme von Proben des Halbbliester-Kupfers traten periodisch Schwierigkeiten auf, weswegen gegebenenfalls Durchschnittswerte bestimmt wurden. Die beiden Lanzen wurden einzeln und gemeinsam getestet. Die mittlere Sauerstoffausbeute betrug 58% für die antriebsseitige, um 25° geneigte Lanze bei 91

Tagestonnen und 80% + 6% bei der um 45° geneigten anderen Lanze sowie 84% + 9% beim Zwei-Lanzenbetrieb. Wegen Fehlens eines einfachen und genauen Verfahrens wurde die Sauerstoffausbeute aufgrund der geschätzten Gewichte von Einsatz und Abstichmenge sowie in zahlreichen Fällen aufgrund einer Mittelwertbildung bestimmt.

In der nachfolgenden Tabelle IV sind die Behandlungszeiten für das Frischen eines etwa 3% Schwefel enthaltenden Kupfers des vorliegenden Verfahrens den Frischzeiten des nicht für die Verwendung von Kühlschrott geeigneten Düsen-Verfahrens gegenübergestellt.

Tabelle IV

	Lanzenfrischen		Düsenfrischen
Sauerstoff-Blasrate (t/d)	84—91	175	254
Frischzeit (min)	189	111	60—80
Rührzeit (min)	73	69	
Chargieren/Abstechen	60	60	40—60

Die Daten der Tabelle IV zeigen die Vorteile beim Frischen lediglich mit der antriebsseitigen Lanze, wenn gleich die Frischzeit infolge des experimentellen Charakters der Versuche stark erhöht war. Bei einem Betrieb unter Produktionsbedingungen dürften sich die aus der nachfolgenden Tabelle V im Vergleich zu dem herkömmlichen Düsen-Verfahren bei einer Produktion von 181 Tagestonnen ersichtlichen Frischzeiten ergeben.

Tabelle V

	Lanzen- verfahren (min)	Düsen- verfahren (min)
Chargieren	60	40 bis 60
Aufblasen	108	60 bis 80
Rühren/Kühlen	60	
gesamt	228	180 bis 210

Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert im Vergleich zu dem Düsen-Verfahren in etwa denselben Zeitaufwand. Jedoch ergibt das erfindungsgemäße Verfahren geringere Endschwefelgehalte bei verringerten Instandhaltungskosten. Des weiteren erlaubt der Wärmeüberschuß das Einschmelzen von Kupferschrott ohne zusätzliche Brennstoffkosten und ohne einen besonderen Umschmelz- oder Halteofen.

Patentansprüche

1. Konverter zum Verblasen von Nichteisen-Einsatzstoffen durch Aufblasen eines sauerstoffhaltigen Gases mit
 - einem feuerfest ausgekleideten Gehäuse (12) mit einem unteren, die Schmelze (14) aufnehmenden und einem darüber befindlichen oberen Teil (20, 22),
 - Gaseinlässen (24) im unteren Teil zum Rühren der Schmelze und
 - mindestens einer im oberen Teil angeordneten, an eine Leitung für sauerstoffhaltiges Gas angeschlossen und auf die Rührzone gerichteten Lanze (26, 28), die
 - nur minimal in den Konverterinnenraum (18) hineinragt.
2. Konverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Lanze (26, 28) zusätzlich an eine Brenngasquelle anschließen läßt.
3. Konverter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lanze (26, 28) nach abwärts geneigt ist und das Konverterfutter (36) weniger als 1 m überragt.
4. Konverter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lanze (26, 28) in einer Stirnwand (30) angeordnet ist.
5. Konverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lanze (26, 28) an eine Sauerstoffquelle mit niedrigem Sauerstoffdruck angeschlossen ist.
6. Konverter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im unteren Teil Porösstopfen (24) für ein Spülgas angeordnet sind.
7. Konverter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Porösstopfen (24) mit Abstand zu einem unterhalb des unteren Teils angeordneten Drehantrieb (40) angeordnet sind.
8. Konverter nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Porösstopfen (24) ohne ein Abstechen der Schmelze (14) in eine Lage oberhalb des Badspiegels bringen lassen.
9. Verfahren zum Verblasen von Nichteisen-Einsatzmaterialien, bei dem
 - das Einsatzmaterial in einem Konverter (10) eingeschmolzen,

- die Schmelze durch Einblasen eines Gases unterhalb der Badoberfläche gerührt, zur Badoberfläche gebracht und dort feste Oxydationsprodukte entfernt sowie
- auf die freiliegende Badoberfläche mit Hilfe einer nur wenig in den Ofenraum hineinragenden Lanze ein sauerstoffhaltiges Gas geblasen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze mit Hilfe eines festen Nichteisenmetalls gekühlt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß im wesentlichen reiner Sauerstoff auf die Schmelze und über Bodendüsen im wesentlichen reiner Stickstoff in die Schmelze geblasen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kupferschmelze nach der Beendigung des Frischens und vor einem Bodenrühren mit Hilfe von Kupferschrott auf eine Temperatur unter etwa 1200°C gekühlt wird.

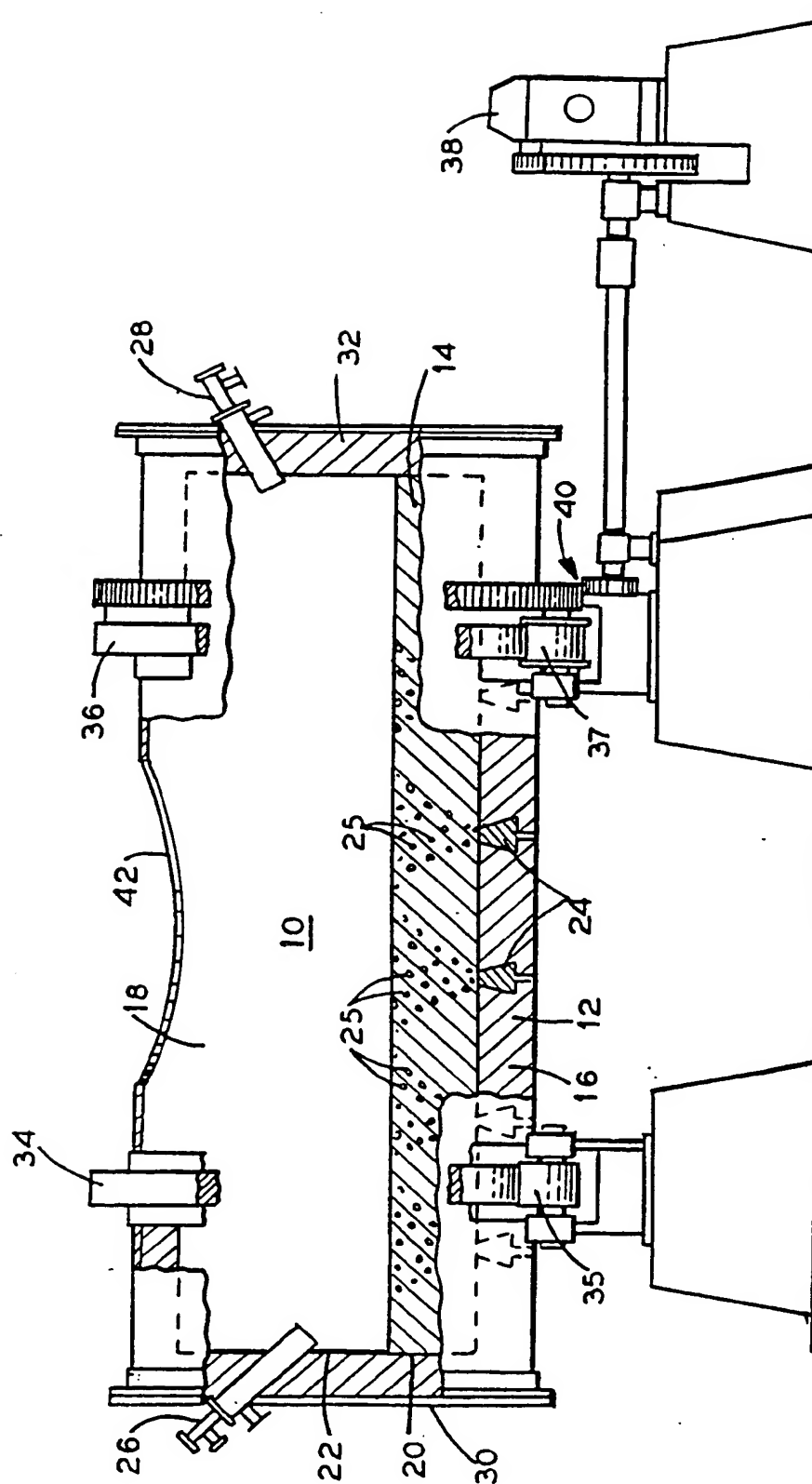
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Schmelze mit Hilfe einer Verbrennung eingestellt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine sulfidische Schmelze gefrischt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze durch Einblasen eines Inertgases durch Porösstopfen gerührt wird, die sich durch Drehen des Konverters ohne ein Abstechen über die Badoberfläche bewegen lassen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

– Leerseite –



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3809477 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:
C 22 B 15/06

②1 Aktenzeichen: P 38 09 477.0
②2 Anmeldetag: 22. 3. 88
④3 Offenlegungstag: 6. 10. 88

Behördeneigentum

DE 3809477 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
23.03.87 CA 532721

⑦1 Anmelder:
Inco Ltd., Toronto, Ontario, CA

⑦4 Vertreter:
König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 4000 Düsseldorf

⑦2 Erfinder:

Marcuson, Samuel Walton; Diaz, Carlos Manuel,
Mississauga, Ontario, CA; Bell, James Alexander
Evert, Oakville, Ontario, CA; Davies, Haydn,
Sudbury, Ontario, CA; Stratton-Crawley, Richard,
Port Colborne, Ontario, CA

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-OS	24 18 718
US	44 69 513
US	43 08 058
US	41 08 638

⑤4 Verfahren zum Entfernen von Schwefel aus Kupferschmelzen

Bei einem Verfahren zum Entfernen von Schwefel aus kupferenthaltenden Schmelzen mit Schwefelgehalten bis zum Schwefelgehalt des Kupfer(I)-Sulfids, bis 5% Nickel, Rest im wesentlichen Kupfer und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen wird die Schmelze mit einem sauerstoffhaltigen Gas in einer Höhe oberhalb etwa der halben Badtiefe behandelt und dabei auf einen den vorgegebenen Schwefelgehalt gewährleistenden Sauerstoffgehalt eingestellt, gleichzeitig Rührgas in einem merklichen Abstand unterhalb der halben Badhöhe in die Schmelze eingeblasen und das Einblasen des Rührgases nach Beendigung der Sauerstoffzufuhr fortgesetzt wird.

*Process for removal of
sulphur from copper melt
(see amend description of
application documents)*

DE 3809477 A1

1. Verfahren zum Entfernen von Schwefel aus kupfererhaltenen Schmelzen mit Schwefelgehalten bis zum Schwefelgehalt des Kupfer(I)-Sulfids, bis 5% Nickel, Rest im wesentlichen Kupfer und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen durch Aufblasen eines sauerstoffhaltigen Gases und Einblasen eines Rührgases unterhalb der Badoberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze mit dem sauerstoffhaltigen Gas in einer Höhe oberhalb etwa der halben Badtiefe behandelt und dabei auf einen den vorgegebenen Schwefelgehalt gewährleistenden Sauerstoffgehalt eingestellt, gleichzeitig Rührgas in einem merklichen Abstand unterhalb der halben Badhöhe in die Schmelze eingeblasen und das Einblasen des Rührgases nach Beendigung der Sauerstoffzufuhr fortgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das sauerstoffhaltige Gas von oben auf oder in die Schmelze geblasen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze mit Luft verblasen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze mit Inertgas gerührt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze mit Stickstoff gerührt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Rührgas am Boden oder in der Nähe des Gefäßbodens eingeblasen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze während der Schlußphase des Rührens abkühlt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze im Anschluß an die Behandlung mit dem sauerstoffhaltigen Gas mit einem reduzierenden Gas behandelt wird.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Entfernen von Schwefel aus kupfererhaltenen Schmelzen mit Schwefelgehalten bis zum Schwefelgehalt des Kupfer(I)-Sulfids, bis 5% Nickel, Rest im wesentlichen Kupfer und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen durch Aufblasen eines sauerstoffhaltigen Gases und Einblasen eines Rührgases unterhalb der Badoberfläche.

Beim chargenweisen Verblasen bzw. Konvertieren der unterschiedliche Gehalte an Kupfer(I)-Sulfid und Eisen(II)-Sulfid sowie geringe Gehalte an Sauerstoff und anderen Elementen enthaltenden Schmelzen aus primären Kupferschmelzaggregaten fällt in der letzten von mehreren, normalerweise in einem einzigen Gefäß, bspw. einem seitenblasenden Konverter oder Sauerstoffausblas-Drehkonverter Blisterkupper an. Das Verblasen der Schmelze vollzieht sich in drei Arbeitsstufen:

Beim Schlacken- bzw. Vorblasen wird das Eisen(II)-Sulfid oxydiert und mit Hilfe eines Flußmittels verschlackt, bis die Schmelze im wesentlichen aus Spurstein, im vornehmlich aus Kupfer(I)-Sulfid besteht. In der zweiten Stufe wird der Spurstein vollständig in Semiblisterkupfer umgewandelt, das nicht mischbar mit dem Spurstein ist. In der dritten Verfahrensstufe wird

schließlich der Schwefelgehalt des Semiblisterkupfers bzw. der Metallphase in der für die Weiterverarbeitung im Anodenofen erforderlichen Weise abgesenkt. In einigen Fällen schließt die letzte Verfahrensstufe auch das Entfernen von für die Weiterverarbeitung im Anodenofen unerwünschten Verunreinigungen ein, beispielsweise Nickel in einer Menge über etwa 1%.

Da ein vollständiges Entfernen der Schlacke aus dem Konverter praktisch nicht möglich ist, geschieht das Verblasen des Spursteins bis zum Semiblisterkupfer oder auch Blisterkupper in Anwesenheit einer Restschlacke vom Vorblasen. In der letzten Stufe der Konvertierung, d.h. beim Entfernen des Schwefels aus dem Semiblisterkupfer kommt es dann zu einem plötzlichen Anstieg des Sauerstoffpotentials und demgemäß zu einem Versteifen der Schlacke. Dies zeigt sich besonders beim Verblasen einer mit Nickel verunreinigten Matte in Anwesenheit von Silikatschlacken, weil diese eine geringe Löslichkeit für das beim Entnickeln entstehende hochschmelzende Nickeloxyd besitzen. Hinzu kommt, daß die Badbewegung im seitenblasenden Konverter bei einem üblichen Blasdruck von etwa 2 ata sowie im Ausblas-Konverter unzureichend ist. Demzufolge erreicht das Bad normalerweise das Reaktionsgleichgewicht nicht und kommt es zu einer übermäßigen Kupferoxydation bei dem Versuch, den angestrebten Schwefelgehalt zu erreichen und/oder unerwünschte Begleitelemente wie Nickel zu entfernen. Das entstehende Kupferoxyd gelangt in die pastöse bzw. zähe Schlacke und begrenzt somit die Möglichkeit einer Reaktion mit der noch nicht vollständig verblasenen Schmelze. Beim Abstechen des Konverters verbleibt eine große Menge der im wesentlichen aus Eisen-, Kupfer- und anderen Oxyden, beispielsweise Nickeloxyd, bestehenden Schlacke im Konverter. Dieser Schlackenbrei muß von der Matte der nächsten Charge zunächst verkrastet werden; das schafft Grenzen hinsichtlich der Mattenbeschaffenheit. Darüber hinaus kommt es beim Chargieren der Matte in einem eine derartige Restschlacke enthaltenen Konverter zum Entstehen wesentlicher Mengen Schwefeldioxyd und demgemäß zu einer schwerwiegenden Umweltbelastung.

Das Verarbeiten eines mehr als etwa 1% Nickel enthaltenden Kupfers bringt besondere Schwierigkeiten mit sich. Demzufolge muß der Nickelgehalt des Rohkupfers auf unter 1% verringert werden, um ein akzeptables Anodenkupfer zu schaffen. Das aus der Schmelze entfernte Nickel sammelt sich jedoch in der Schlacke, die von Zeit zu Zeit verworfen werden muß, um eine Nickelanreicherung im Konverter zu vermeiden. Eine möglichst weitgehende Verringerung der Menge des in der Schlußphase des Garblasens anfallenden und die unerwünschte Schlackenbeschaffenheit bewirkenden Kupferoxyds ist im Hinblick auf eine möglichst hohe Kupferausbeute von großer Wichtigkeit.

Des weiteren kommt es in der Schlußphase des Garblasens im seitenblasenden Konverter, d.h. beim Verblasen des Semiblisters zum Rohkupfer zu einem wesentlichen Abfall der Sauerstoffausnutzung. Dies liegt nicht nur an der mangelnden Badbewegung, sondern auch an der Tatsache, daß der Abstand zwischen den Seitenwanddüsen und der Badoberfläche dann wesentlich geringer ist. Die Sauerstoffausnutzung beträgt in dieser Phase des Verblasens nur noch etwa 50%.

Die vorerwähnten Schwierigkeiten lassen sich zu meist dadurch beheben, daß der Spurstein oder das Semiblisterkupfer gegebenenfalls mit einem Teil der Matte in einen weiteren Konverter chargiert wird, um das

Fertigblasen näher am Gleichgewicht durchzuführen und auf diese Weise der Kupferoxydation und/oder in einigen Fällen auch dem Entstehen pastöser Oxydphasen vorzubeugen. Diese Verfahrensweise bietet sich insbesondere bei einstufigen Schmelzverfahren und/oder beim kontinuierlichen Verblasen zu Semiblisterkupfer und/oder Spurstein an.

Aus der US-Patentschrift 44 69 513 ist auch ein Aufblasverfahren bekannt, bei dem die Schmelze vom Gefäßboden her mittels eines Gases gerührt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorerwähnten Schwierigkeiten beim Verblasen von kupferhaltigen Schmelzen bzw. Spurstein oder Semiblisterkupfer zu Rohkupfer nach dem Aufblas- oder Seitenblasverfahren mit einem sauerstoffhaltigen Gas und Einblasen eines im wesentlichen inerten bzw. nicht reagierenden Gases im Bereich des Konverterbodens zu vermeiden. Die Lösung dieser Aufgabe besteht darin, daß bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art erfindungsgemäß die Schmelze mit dem sauerstoffhaltigen Gas in einer Höhe oberhalb etwa der halben Badtiefe behandelt und dabei auf einen den vorgegebenen Schwefelgehalt gewährleistenden Sauerstoffgehalt eingestellt, gleichzeitig Rührgas in einem merklichen Abstand unterhalb der halben Badhöhe in die Schmelze eingeblasen und das Einblasen des Rührgases nach Beendigung der Sauerstoffzufuhr fortgesetzt wird.

Im einzelnen betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Entfernen von Schwefel aus einer kupferhaltigen bzw. Mattenschmelze, deren Schwefelgehalt bis zur Schwefelmenge des Kupfer(I)-Sulfids reicht und deren Nickelgehalt bis 5%, Rest im wesentlichen Kupfer und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen beträgt. Dabei wird die Schmelze zunächst mit einem sauerstoffhaltigen Gas verblasen, das etwa in der Höhe der halben Badtiefe eingeblasen wird, bis die Schmelze im Hinblick auf den vorgegebenen Endschwefelgehalt genügend Sauerstoff enthält, während die Schmelze gleichzeitig mittels eines deutlich unterhalb der Einblasstelle des sauerstoffhaltigen Gases eingeblasenen Inertgases gerührt und das Rühren mit dem Inertgas über das Einblasen des sauerstoffhaltigen Gases hinaus fortgesetzt wird.

Die Schmelze besteht üblicherweise aus Spurstein und/oder Semiblisterkupfer aus einer Primärquelle (Erz oder Erzkonzentrat); sie kann jedoch auch aus jeder anderen Kupferquelle stammen. Dabei kann sich die Schmelze in jedem geeigneten Gefäß befinden. Vorteilhafterweise wird die Schmelze jedoch mit dem sauerstoffhaltigen Gas, beispielsweise Luft, sauerstoffreicher Luft oder auch Sauerstoff, durch Ein- oder Aufblasen von oben behandelt und geschieht das Rühren mit einem Inertgas, bspw. Stickstoff oder Argon, das direkt oder dicht am Gefäßboden in die Schmelze eingeblasen wird.

Vorzugsweise wird das sauerstoffhaltige Gas auf die Schmelze geblasen, während gleichzeitig ein inertes Rührgas eingeblasen und dies über das Ende des Sauerstoffaufblasens fortgesetzt wird, um auf diese Weise Semiblisterkupfer und/oder Spurstein zu Rohkupfer mit einem Schwefelgehalt unter 100 ppm zu verblasen. Mit Hilfe des Rührgases kommt es zu einer Badbewegung, die ein besseres Entfernen des Schwefels und der Verunreinigungen sowie eine höhere Sauerstoffausbeute bewirkt und der Kupferoxydation entgegenwirkt.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders für das Fertigblasen von Semiblisterkupfer und/oder Spurstein mit bis etwa 5% Nickel zu Rohkupfer.

Dabei ist ein Entschwefeln bis auf sehr niedrige Schwefelgehalte ohne das Entstehen von allzuviel breiiger bzw. zäher Schlacke aus Nickel-Kupfer-Oxyd möglich. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Kupferschmelze zunächst mit dem sauerstoffhaltigen Gas verblasen und mit Hilfe des Inertgases gerührt. Sobald das System genug Sauerstoff aufgenommen und den vorgesehenen Endschwefelgehalt erreicht hat, wird die Schmelze in der Schlußphase nur noch mit Hilfe des Inertgases gerührt. Der Sauerstoffgehalt bewirkt ein Entfernen des Nickels als Nickeloxyd, wenn die gerührte Schmelze vorzugsweise auf Temperaturen oberhalb ihrer Liquidustemperatur abgekühlt wird, bei der die Schmelze für das Abstechen und Chargieren in ein anderes Gefäß noch hinreichend überhitzt ist. Bei dem erfindungsgemäßen zweistufigen Verfahren, d.h. dem anfänglichen Oxydieren und sich anschließenden reinen Rühren ergibt sich ein Rohkupfer mit etwa 100 ppm Schwefel und etwa 1% Nickel.

Das Inertgasrühren der Schmelze während der Aufblasphase erleichtert das Erreichen des Gleichgewichtszustandes und deshalb eine hohe Sauerstoffausnutzung. Demzufolge ist es möglich, das Reaktionssystem durch bloßes Rühren in den Gleichgewichtszustand zu bringen, wenn es zu einer übermäßigen Kupferoxydation kommt.

Darüber hinaus haben thermodynamische Messungen und Berechnungen auf Basis des Dreistoffsystems Kupfer-Nickel-Schwefel gezeigt, daß die Schwefeloxydation bei herkömmlichen Badtemperaturen auf Kosten einer Oxydation des Nickels und des Kupfers wesentlich verbessert wird. Demzufolge ist es möglich, ein Rohkupfer mit höchstens 100 ppm Schwefel ohne Oxydation wesentlicher Nickel- oder Kupfermengen zu verblasen, wenn sich größere Abstände vom Gleichgewicht vermeiden lassen. Das erfindungsgemäße Verfahren bringt daher eine wesentliche Verbesserung der Blasmetallurgie von Schmelzen aus nickelhaltigem Semiblisterkupfer und/oder Spurstein mit sich.

Im einzelnen besitzt das erfindungsgemäße Verfahren die folgenden Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren:

Die Badbewegung fördert die Reaktionen zwischen Gas und Schmelze; sie hält das Reaktionssystem zudem in der Nähe des Gleichgewichts. Dies erlaubt eine Schwefeloxydation vor einer wesentlichen Oxydation des Kupfers und des Nickels.

Das sauerstoffhaltige Gas wird vorzugsweise nicht mit Hilfe einer Tauchlanze eingeblasen, sondern auf die Schmelze geblasen. Demzufolge ist der Sauerstoffgehalt des Reaktionsgases nicht begrenzt durch die Gefahr eines Düsenverschleißes.

Das Rühren mit Hilfe eines Inertgases während des Sauerstoffaufblasens verbessert die Sauerstoffausnutzung.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt zudem eine getrennte Steuerung des Sauerstoff- und des Rührgasblasens. Demzufolge läßt sich das Sauerstoffblasen beenden, wenn die Schmelze genügend Sauerstoff aufgenommen hat, das Rühren jedoch im Hinblick auf das Entfernen des Schwefels und anderer Verunreinigungen bei minimaler Kupferoxydation fortgesetzt wird, bis die vorgegebenen Endwerte erreicht sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es zudem, das Rührgas auf sehr unterschiedliche Weise mit Hilfe von Tauchlanzen, Boden- und/oder Seitenwanddüsen, Porössteinen sowie Hochdruckinjektoren einzublasen.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich zum

Verblasen von Kupfer aus Primär- oder Sekundärquellen, insbesondere als letzte Stufe beim Mattenkonvertieren, jedoch auch für die erste bzw. oxydierende Stufe beim pyrometallurgischen Raffinieren von Rohkupfer zum Herstellen von Anodenkupfer.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen des näheren erläutert.

Beispiel 1

In einer Pfanne mit einem keramischen Porösstopfen im Pfannenboden und einem Sauerstoff/Brennstoff-Brenner wurden 3 t Kupfer mit 3,1% Nickel und 1,2% Schwefel eingeschmolzen und die Schmelze auf eine Temperatur von 1300°C eingestellt. Während des Einschmelzens und Blasens wurden 40 l/min Stickstoff durch den Bodenstopfen in die Schmelze eingeblasen. Die Blasluft wurde in einer Menge von 10 m³/min mittels einer Lanze aus einem Kohlenstoffstahl-Rohr mit einem Durchmesser von 3,8 cm und einer Wanddicke von 2,8 mm aufgeblasen, das 51 cm oberhalb des durch das Stickstoffeinblasen entstehende Auges in der Schmelze aufgehängt war. Der Brennstoffverbrauch wurde auf einen Ausgleich der Wärmeverluste eingestellt, um die Badtemperatur bei etwa 1300°C zu halten. Nach 30-minütigem Blasen enthielt die Schmelze 0,023% Schwefel, 1,24% Nickel und 0,67 % Sauerstoff; danach wurde das Blasen mit Luft für eine weitere Minute fortgesetzt, wonach 60 Minuten ausschließlich mit Stickstoff bei einer Temperatur von etwa 1300°C gerührt wurde. Danach enthielt die Schmelze 0,008% Schwefel, 1,13% Nickel und 0,92% Sauerstoff. Sodann wurde der Brenner abgestellt und Stickstoff in einer Menge von 10 l/min während des Abkühlens der Schmelze eingeblasen. Nach 45 min betrug die Badtemperatur 1215°C und enthielt die Schmelze nur noch 0,005% Schwefel, 0,55% Nickel und 1,02 % Sauerstoff.

Bei Beendigung der Abkühlphase gezogene Schlackenproben zeigten, daß die Schlacke nur wenig Kupferoxyd enthielt und sich ein Verhältnis von Kupfer- zu Nickeloxyd deutlich unter 1 ergab. Die Sauerstoffausnutzung lag rechnerisch auf Basis der Badzusammensetzung nahe bei 100%.

Beispiel 2

Bei einer weiteren Versuchsschmelze entsprechend dem Beispiel 1 wurden 3 t Kupfer mit 0,7% Schwefel, 2,9% Nickel und 0,1% Sauerstoff 20 Minuten verblasen und ergab sich dabei eine Schmelze mit 0,046% Schwefel, 1,47% Nickel und 0,73% Sauerstoff. Im Anschluß an eine Probennahme wurde 2 weitere Minuten geblasen und die Schmelze weitere 60 min gerührt; sie enthielt alsdann 1,27% Nickel, 0,005% Schwefel und 1,22% Sauerstoff. Die Badtemperatur lag sowohl während der Blas- als auch während der Rührphase stets bei etwa 1300°C. Die Schmelze wurde schließlich auf 1190°C abgekühlt; es ergab sich ein Rohkupfer mit 0,004% Schwefel, 0,55% Nickel und 0,97% Sauerstoff. Bei der Schlackenanalyse ergab sich ein Verhältnis von Kupfer- zu Nickeloxyd von etwa 1:3. Die Sauerstoffausnutzung lag rechnerisch bei etwa 100%.

Im Falle der beiden Ausführungsbeispiele wurde Luft als Oxydationsmittel auf die Schmelze geblasen. Statt dessen lassen sich jedoch auch Sauerstoff oder sauerstoffangereicherte Luft auf die Schmelze oder auch unterhalb der Badoberfläche in die Schmelze blasen. Das Rührgas wird vorteilhafterweise am Gefäßboden oder

in dessen Nähe eingeblasen, wenngleich sich die Vorteile der Erfindung, möglicherweise in geringerem Maße, auch ergeben, wenn sich der Rührgaseinlaß in Abstand von Gefäßboden, dabei jedoch immer noch unterhalb der halben Badhöhe befindet. Als Rührgas kommt vorzugsweise handelsüblicher reiner Stickstoff zur Verwendung, der jedoch gewissen Mengen Sauerstoff oder anderer Oxydationsmittel und gasförmige Verunreinigungen enthalten kann. Darüber hinaus kann die Schmelze jedoch nach dem Verblasen und Erreichen des Gleichgewichts noch mit einem reduzierenden Gas gegebenenfalls in Gemisch mit Sauerstoff behandelt werden.